

a)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-180803

(P2000-180803A)

(43) 公開日 平成12年6月30日 (2000.6.30)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 2 F 1/035		G 0 2 F 1/035	2 H 0 4 7
G 0 2 B 6/12		G 0 2 B 6/12	H 2 H 0 7 9

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-356113

(22) 出願日 平成10年12月15日 (1998. 12. 15)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 西村 正幸

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 中里 浩二

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外4名)

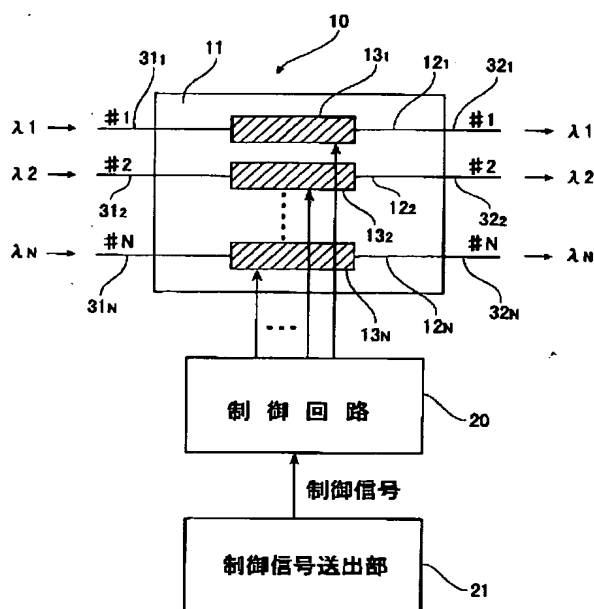
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多チャネル光可変減衰器

(57) 【要約】

【課題】 装置規模が小さく、制御回路が簡単で、制御時間が短い多チャネル光可変減衰器を提供する。

【解決手段】 共通の基板11上に設けられた光導波路12<sub>1</sub>～12<sub>N</sub>を含む光減衰部10と、光導波路12<sub>1</sub>～12<sub>N</sub>それぞれを伝搬する各信号光の減衰量を制御する制御回路20とを備える。光減衰部10は、所定の波長帯域内で波長の異なるチャネル毎に分波された複数の信号光 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ のうち波長 $\lambda_i$ の信号光を光導波路12<sub>i</sub>に伝搬させるとともに、その信号光 $\lambda_i$ をチャネル毎に可変の減衰量で減衰させる ( $i=1, 2, \dots, N$ )。制御回路20は、光導波路12<sub>1</sub>～12<sub>N</sub>それぞれにおける各信号光の減衰量が、制御信号送出部より送出された制御信号に対しチャネル毎に所定の変化率で変化するように制御して、光導波路12<sub>1</sub>～12<sub>N</sub>それぞれで減衰された各信号光の強度を略一定にする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の波長帯域内で波長の異なるチャネル毎に分波された複数の信号光それぞれに対して共通の基板上に個別に設けられた複数の光導波路と、各光導波路を伝搬する信号光をチャネル毎に可変の減衰量で減衰させる光減衰部と、前記複数の光導波路それぞれにおける各信号光の減衰量が、制御信号に対しチャネル毎に所定の変化率で変化するように設定されている制御回路と、を備えることを特徴とする多チャネル光可変減衰器。

【請求項2】 前記光減衰部は、前記複数の光導波路それぞれについて、その途中に構成されたマッハツェンダ型干渉系と、前記マッハツェンダ型干渉系の双方または一方の光路の温度を調整する温度調整部とを有し、前記制御回路は、前記複数の光導波路それぞれの前記温度調整部に対して温度を指示する温度指示信号を出力することを特徴とする請求項1記載の多チャネル光可変減衰器。

【請求項3】 前記光減衰部は、前記複数の光導波路それぞれの前記マッハツェンダ型干渉系または前記温度調整部が各信号光の波長に応じて互いに異なる構造とされて、前記制御回路から出力される共通の温度指示信号に対する前記減衰量の変化量が各信号光の波長に応じて互いに異なるよう設定されていることを特徴とする請求項2記載の多チャネル光可変減衰器。

【請求項4】 前記制御回路は、前記複数の光導波路それぞれの前記温度調整部に対して、各信号光の波長に応じて互いに異なる温度を指示する温度指示信号を出力することを特徴とする請求項2記載の多チャネル光可変減衰器。

【請求項5】 前記多波長の信号光を入力して分波し各信号光それぞれを前記複数の光導波路のうちの対応する光導波路に入力させるアレイ導波路格子型光分波器を前記共通の基板上に更に備えることを特徴とする請求項1記載の多チャネル光可変減衰器。

【請求項6】 前記複数の光導波路それぞれで減衰された各信号光を合波して出力するアレイ導波路格子型光合波器を前記共通の基板上に更に備えることを特徴とする請求項1記載の多チャネル光可変減衰器。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、WDM通信において光増幅器等と共に用いるのに好適な多チャネル光可変減衰器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】WDM通信は、波長1.55 $\mu$ m帯の多波長の信号光を光ファイバ伝送路で伝送することにより、大容量・高速の光通信を行うことができるものである。また、このようなWDM通信を行う光伝送システムでは、波長1.55 $\mu$ m帯の多波長の信号光を一括光増

幅することができる光ファイバ増幅器が用いられる。このような光伝送システムにおいて、送信局から送出された多波長の信号光それぞれのパワーが互いに一定であったとしても、光ファイバ伝送路の伝送特性や光増幅器の利得傾斜に因り多波長の信号光の出力傾斜が生じて、受信局に到達する多波長の信号光それぞれのパワーは一定ではなく偏差が生じることがある。もし、受信局に到達する多波長の信号光それぞれのパワーに偏差があると、多波長の信号光のうち大きいパワーの信号光は正常に受信されても、小さいパワーの信号光は正常に受信できない場合がある。そこで、多波長の信号光それぞれのパワーは略一定であることが望まれる。

【0003】例えば、文献「大塚ら、1997年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会、B-10-101」には、多波長の信号光それぞれを分波する光分波器と、分波された各信号光毎に個別に設けられた光可変減衰器を備える多チャネル光可変減衰器が示されている。この多チャネル光可変減衰器では、スペクトルモニタによりモニタされた各信号光のパワーに基づいて、個々の光可変減衰器における減衰量が制御されて、多波長の信号光それぞれのパワーが略一定にされる。

【0004】また、文献「中田ら、1997年電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会、C-3-48」には、2枚の偏光子、ファラデー回転子、永久磁石および電磁石を備える光可変減衰器が示されている。この光可変減衰器では、電磁石の磁界によりファラデー回転子におけるファラデー回転角を制御し、これにより、第1の偏光子、ファラデー回転子および第2の偏光子を順次に通過する光の減衰量を制御する。この光可変減衰器は単一のものであり、多波長の信号光それぞれのパワーを略一定にするには多数の光可変減衰器が必要である。

【0005】また、文献「河合ら、1997年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会、B-10-61」には、マッハツェンダ型干渉系と、そのマッハツェンダ型干渉系の光路の一方を加熱するヒータとを備える光可変減衰器が示されている。この光可変減衰器では、ヒータによる加熱によりマッハツェンダ型干渉系の2本の光路の間の位相差を調整することにより光の減衰量を制御する。この光可変減衰器も単一のものであり、多波長の信号光それぞれのパワーを略一定にするには多数の光可変減衰器が必要である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来例では、多波長の信号光それぞれに対し個別に光可変減衰器が設けられ、各信号光のパワーのモニタ結果に基づいて個々の光可変減衰器の減衰量が調整されることから、多波長の信号光それぞれのパワーを略一定にするには多数の光可変減衰器が必要となって、全体の装置規模が大きく、また、個々の光可変減衰器の減衰量を制御す

る制御回路が複雑となる。さらに、多波長の信号光それぞれのパワーのモニタ結果が得られないと個々の光可変減衰器の減衰量を制御することができないので、多波長の信号光の出力傾斜が変動した場合に、多波長の信号光それぞれのパワーを略一定にするのに長時間を要し、制御時間が長い。

【0007】本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、装置規模が小さく、制御回路が簡単で、制御時間が短い多チャネル光可変減衰器を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明に係る多チャネル光可変減衰器は、(1) 所定の波長帯域内で波長の異なるチャネル毎に分波された複数の信号光それぞれに対して共通の基板上に個別に設けられた複数の光導波路と、(2) 各光導波路を伝搬する信号光をチャネル毎に可変の減衰量で減衰させる光減衰部と、(3) 複数の光導波路それぞれにおける各信号光の減衰量が、制御信号に対しチャネル毎に所定の変化率で変化するように設定されている制御回路とを備えることを特徴とする。

【0009】この多チャネル光可変減衰器によれば、所定の波長帯域内で波長の異なるチャネル毎に分波された複数の信号光それぞれは、共通の基板上に個別に設けられた複数の光導波路のうち対応する光導波路を伝搬する際に、光減衰部によりチャネル毎に可変の減衰量で減衰される。複数の光導波路それぞれにおける各信号光の減衰量は、外部より与えられる制御信号に対しチャネル毎に所定の変化率で変化するように制御回路により制御されており、複数の光導波路それぞれで減衰された各信号光の強度は略一定になる。

【0010】また、本発明に係る多チャネル光可変減衰器では、光減衰部は、複数の光導波路それぞれについて、その途中に構成されたマッハツェンダ型干渉系と、マッハツェンダ型干渉系の双方または一方の光路の温度を調整する温度調整部とを有し、制御回路は、複数の光導波路それぞれの温度調整部に対して温度を指示する温度指示信号を出力することを特徴とする。この場合には、光減衰部の複数の光導波路それぞれの途中に構成されたマッハツェンダ型干渉系の双方または一方の光路の温度は、制御回路から出力された温度指示信号に基づいて温度調整部により調整される。このマッハツェンダ型干渉系における信号光の減衰量は、温度調整部により調整された光路の温度変化に応じたものである。

【0011】特に、光減衰部は、複数の光導波路それぞれのマッハツェンダ型干渉系または温度調整部が各信号光の波長に応じて互いに異なる構造とされて、制御回路から出力される共通の温度指示信号に対する減衰量の変化量が各信号光の波長に応じて互いに異なるよう設定されていることを特徴とするのが好適である。また、制御回路は、複数の光導波路それぞれの温度調整部に対し

て、各信号光の波長に応じて互いに異なる温度を指示する温度指示信号を出力することを特徴とするのも好適である。これら何れの場合にも、制御回路による制御が簡易なものとなる。

【0012】また、本発明に係る多チャネル光可変減衰器は、多波長の信号光を入力して分波し各信号光それぞれを複数の光導波路のうちの対応する光導波路に入力させるアレイ導波路格子型光分波器を共通の基板上に更に備えることを特徴とする。また、複数の光導波路それぞれで減衰された各信号光を合波して出力するアレイ導波路格子型光合波器を共通の基板上に更に備えることを特徴とする。これら何れの場合にも、更に小型集積化することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0014】(第1の実施形態) 先ず、本発明に係る多チャネル光可変減衰器の第1の実施形態について説明する。図1は、第1の実施形態に係る多チャネル光可変減衰器の概略構成図である。この多チャネル光可変減衰器は、共通の基板11上に設けられた光導波路12<sub>1</sub>～12<sub>N</sub>を含む光減衰部10と、光導波路12<sub>1</sub>～12<sub>N</sub>それぞれを伝搬する各信号光の減衰量を制御する制御回路20と、制御回路20に対し制御信号を送出する制御信号送出部21とを備える。

【0015】光減衰部10は、所定の波長帯域内で波長の異なるチャネル毎に分波された複数の信号光 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ のうち波長 $\lambda_i$ の信号光を光導波路12<sub>i</sub>に伝搬させるとともに、その信号光 $\lambda_i$ をチャネル毎に可変の減衰量で減衰させる( $i=1, 2, \dots, N$ )。制御回路20は、光導波路12<sub>1</sub>～12<sub>N</sub>それぞれにおける各信号光の減衰量が、制御信号送出部21から送出された制御信号に対しチャネル毎に所定の変化率で変化するように制御して、光導波路12<sub>1</sub>～12<sub>N</sub>それぞれで減衰された各信号光の強度を略一定にする。なお、この図には、信号光 $\lambda_i$ を光減衰部10の光導波路12<sub>i</sub>に入力させる光ファイバ31<sub>i</sub>、および、光減衰部10の光導波路12<sub>i</sub>から出力された信号光 $\lambda_i$ を後段に伝送する光ファイバ32<sub>i</sub>も示されている( $i=1, 2, \dots, N$ )。

【0016】図2は、本実施形態に係る多チャネル光可変減衰器の動作を説明する図である。この図は、制御回路20に入力する制御信号と、光導波路12<sub>i</sub>を伝搬する信号光 $\lambda_i$  ( $i=1, 2, \dots, N$ )それぞれの減衰量との関係を示している。この図に示すように、光導波路12<sub>i</sub>を伝搬する信号光 $\lambda_i$  ( $i=1, 2, \dots, N$ )の減衰量それぞれは、制御信号送出部21から制御回路20に入力する制御信号の大きさに対してチャネル毎に所定の変化率で変化するように制御回路20により制御される。光導波路

12<sub>i</sub> を伝搬する信号光 $\lambda_i$  ( $i=1,2,\dots,N$ )の減衰量それぞれは、制御回路20に入力する制御信号が動作中心値であるときには互いに同一値であって、制御信号の値の変化に対して互いに異なる変化率で変化する。すなわち、動作中心値より大きい値の制御信号が制御回路20に入力したときには、信号光 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ の順に減衰量が多い。動作中心値より小さい値の制御信号が制御回路20に入力したときには、信号光 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ の順に減衰量が小さい。また、動作中心値と制御信号の値との差が大きいほど、信号光 $\lambda_i$  ( $i=1,2,\dots,N$ )の減衰量の相互間の差が多い。

【0017】図3は、光減衰部10の光導波路12<sub>1</sub> ~ 12<sub>N</sub>それぞれの構成図である。各光導波路12には、その途中にマッハツェンダ型干渉系が構成されており、そのマッハツェンダ型干渉系の一方の光路の温度を調整する温度調整部13Aが設けられている。すなわち、光導波路12および他の光導波路12Aにより方向性結合器12aおよび12bが構成され、これら方向性結合器12aと12bとの間の2つの光路12cおよび12dによりマッハツェンダ型干渉系が構成されており、一方の光路12cに温度調整部13Aが設けられている。温度調整部13Aは、光路12cを加熱または冷却することにより、2つの光路12cおよび12dの間の光路長差を調整する。温度調整部13Aは、例えばヒータやペルチエ素子などである。制御回路20は、温度調整部13Aに対して温度を指示する温度指示信号を出力する。光導波路12を伝搬する信号光は、方向性結合器12aにより2分岐され、その2分岐された各々が2つの光路12cおよび12dにより位相差を与えられ、方向性結合器12bにより再び結合される。方向性結合器12bから出力される信号光のパワーは、2つの光路12cおよび12dにより与えられた位相差に応じたものであり、温度調整部13Aによる光路12cの温度変化に応じたものである。

【0018】図4は、光減衰部10の光導波路12<sub>1</sub> ~ 12<sub>N</sub>それぞれの他の構成図である。この図に示すものは、図3に示したものに加えて温度調整部13Bが更に設けられている。すなわち、マッハツェンダ型干渉系の一方の光路12cに温度調整部13Aが設けられ、他方の光路12dに温度調整部13Bが設けられている。温度調整部13Aは光路12cを加熱または冷却し、温度調整部13Bは光路12dを加熱または冷却して、これにより2つの光路12cおよび12dの間の光路長差を調整する。温度調整部13Aおよび13Bそれぞれは、例えばヒータやペルチエ素子などである。特に、温度調整部13Aおよび13Bのうち一方が加熱し他方が冷却するのが好適である。制御回路20は、温度調整部13A、13Bに対して温度を指示する温度指示信号を出力する。光導波路12を伝搬する信号光は、方向性結合器12aにより2分岐され、その2分岐された各々が2つ

の光路12cおよび12dにより位相差を与えられ、方向性結合器12bにより再び結合される。方向性結合器12bから出力される信号光のパワーは、2つの光路12cおよび12dにより与えられた位相差に応じたものであり、温度調整部13A、13Bによる光路12c、12dの温度変化に応じたものである。

【0019】以上の図3または図4に示した構成において、光減衰部10の光導波路12<sub>1</sub> ~ 12<sub>N</sub>それぞれの減衰量が、制御回路20に入力する制御信号に対して図2に示したようにチャネル毎に所定の変化率で変化するには、以下のようにするのが好適である。すなわち、光減衰部10は、光導波路12<sub>1</sub> ~ 12<sub>N</sub>それぞれのマッハツェンダ型干渉系または温度調整部13A、13Bが各信号光の波長に応じて互いに異なる構造とされて、制御回路20から出力される共通の温度指示信号に対する減衰量の変化量が各信号光の波長に応じて互いに異なるよう設定されているのが好適である。例えば、光路12cおよび12dそれぞれの長さや幅を適切に設定し、方向性結合器12aおよび12bそれぞれの結合効率を適切に設定し、或いは、温度調整部13Aおよび13Bそれぞれの熱効率を適切に設定する。そして、制御回路20は、光導波路12<sub>1</sub> ~ 12<sub>N</sub>それぞれの温度調整部13A、13Bに、共通の温度指示信号を制御信号に基づいて与える。

【0020】或いは、制御回路20は、光導波路12<sub>1</sub> ~ 12<sub>N</sub>それぞれの温度調整部13A、13Bに対して、各信号光の波長に応じて互いに異なる温度を指示する温度指示信号を出力するのも好適である。この場合には、光導波路12<sub>1</sub> ~ 12<sub>N</sub>それぞれのマッハツェンダ型干渉系および温度調整部13A、13Bは、各信号光の波長によらず同一の構成とすることができる。

【0021】図5は、本実施形態に係る多チャネル光可変減衰器が用いられた光伝送システムの概略構成図である。この図に示す光伝送システムでは、送信局側に、光送信器40<sub>i</sub>、光合波器50および光増幅器61が備えられ、また、受信局側に、光増幅器64、光分波器70、光減衰部10、光受信器80<sub>i</sub>、出力傾斜検出部90および制御回路20が備えられている ( $i=1,2,\dots,N$ )。

【0022】光送信器40<sub>i</sub>は、信号光 $\lambda_i$ を出力し、光合波器50は、光送信器40<sub>i</sub>から出力された信号光 $\lambda_i$ を合波して出力する ( $i=1,2,\dots,N$ )。光増幅器61は、光合波器50により合波されて出力された多波長の信号光を一括光増幅する。光増幅器61により一括光増幅された多波長の信号光は、光ファイバ34を伝送され、光増幅器62により一括光増幅され、光ファイバ35を伝送され、光増幅器63により一括光増幅され、光増幅器64に到達する。

【0023】光増幅器64は、例えば出力一定制御の下に、到達した多波長の信号光を一括光増幅し、光分波器

70は、光増幅器64から出力され光ファイバ36を経て入力した多波長の信号光を分波して、信号光 $\lambda_i$ を光ファイバ31 $_i$ へ出力する( $i=1,2,\dots,N$ )。光減衰部10は、既述したものであり、光ファイバ31 $_i$ を経て入力した信号光 $\lambda_i$ を所定の減衰量で減衰させて、光ファイバ32 $_i$ に出力する( $i=1,2,\dots,N$ )。光受信器80 $_i$ は、光ファイバ32 $_i$ を経て到達した信号光 $\lambda_i$ を受信する( $i=1,2,\dots,N$ )。

【0024】出力傾斜検出部90は、光増幅器64により一括光増幅され出力される多波長の信号光のパワーの波長依存性すなわち出力傾斜を検出する。出力傾斜検出部90は、出力傾斜の検出に際して、多波長の信号光 $\lambda_i$ それぞれの出力パワーを検出してもよいが、多波長の信号光 $\lambda_i$ のうち最大波長および最小波長それぞれの信号光の出力パワーのみを検出するのが簡便であり好適である( $i=1,2,\dots,N$ )。そして、出力傾斜検出部90は、検出された出力傾斜に応じた値の制御信号を出力する。すなわち、出力傾斜検出部90は、図1における制御信号送出部21に相当する。制御回路20は、出力傾斜検出部90から出力された制御信号を入力し、この制御信号に基づいて光減衰部10の光導波路12 $_1 \sim 12_N$ それぞれの温度調整部13A、13Bに温度指示信号を与える。

【0025】図6は、図5に示した光伝送システムにおける多チャネル光可変減衰器の動作を説明する図である。同図(a)および(b)それぞれは、図5中の光増幅器36の出力側のP点における光スペクトルを示しており、この光スペクトルには、離散的な多波長の信号光に加えて、連続的なASE雑音光が含まれている。同図(c)および(d)それぞれは、光減衰部10の光導波路12 $_1 \sim 12_N$ それぞれにおける減衰量を示している。

【0026】出力傾斜検出部90は、同図(a)に示すように光増幅器36から出力される多波長の信号光の出力傾斜が略一定であることを検出した場合には、それに応じた制御信号を制御回路20に対して出力する。そして、制御回路20は、その制御信号を入力し、これに基づいて、同図(c)に示すように光導波路12 $_1 \sim 12_N$ それぞれにおける減衰量を略一定値に設定する。一方、出力傾斜検出部90は、同図(c)に示すように光増幅器36から出力される多波長の信号光の出力傾斜が長波長ほど大きいことを検出した場合には、それに応じた制御信号を制御回路20に対して出力する。

【0027】そして、制御回路20は、その制御信号を入力し、これに基づいて、同図(d)に示すように光導波路12 $_1 \sim 12_N$ それぞれにおける減衰量を長波長ほど大きく設定する。逆に、出力傾斜検出部90は、光増幅器36から出力される多波長の信号光の出力傾斜が長波長ほど小さいことを検出した場合には、それに応じた制御信号を制御回路20に対して出力する。そして、制

御回路20は、その制御信号を入力し、これに基づいて、光導波路12 $_1 \sim 12_N$ それぞれにおける減衰量を長波長ほど小さく設定する。

【0028】以上のように、本実施形態に係る多チャネル光可変減衰器によれば、光ファイバ伝送路の伝送特性や光増幅器の利得傾斜に因り多波長の信号光の出力傾斜が生じた場合であっても、簡便な構成および制御により、出力傾斜を一括補償して多波長の信号光それぞれのパワーを略一定値にすることができる。また、多波長の信号光の出力傾斜が変動した場合であっても、短時間に出力傾斜を一括補償することができる。さらに、光減衰部10は共通の基板11上に光導波路12 $_1 \sim 12_N$ および温度調整部13 $_1 \sim 13_N$ が構成されるので、小型集積化が可能である。

【0029】(第2の実施形態)次に、本発明に係る多チャネル光可変減衰器の第2の実施形態について説明する。図7は、第2の実施形態に係る多チャネル光可変減衰器の概略構成図である。なお、この図には制御回路は示されていない。本実施形態に係る多チャネル光可変減衰器では、光減衰部110およびアレイ導波路格子(AWG: Arrayed Waveguide Grating)型光分波器120が共通の基板100上に構成されている。また、この基板100上には、光導波路101、102 $_i$ および103 $_i$ も形成されている( $i=1,2,\dots,N$ )。

【0030】AWG型光分波器120は、スラブ型光導波路121、光導波路122 $_1 \sim 122_M$ 、スラブ型光導波路123を備える。AWG型光分波器120は、光ファイバ131から光導波路101を経てスラブ型光導波路121に入力した多波長の信号光それぞれを、スラブ型光導波路121で回折により拡げて光導波路122 $_1 \sim 122_M$ に分配して出力し、光導波路122 $_1 \sim 122_M$ を伝搬する際に光路長差に応じた位相差を与え、スラブ型光導波路123で互いに干渉させて光導波路102 $_1 \sim 102_N$ に出力する。このとき、光導波路102 $_i$ には信号光 $\lambda_i$ が出力される( $i=1,2,\dots,N$ )。

【0031】光減衰部110は、第1の実施形態における光減衰部10と同様のものであり、光導波路102 $_i$ を経て入力した信号光 $\lambda_i$ をチャネル毎に可変の減衰量で減衰させて光導波路103 $_i$ に出力する( $i=1,2,\dots,N$ )。そして、信号光 $\lambda_i$ は、光導波路103 $_i$ から光ファイバ132 $_i$ に出力され( $i=1,2,\dots,N$ )、このとき各強度が略一定となる。

【0032】以上のように、本実施形態に係る多チャネル光可変減衰器は、光減衰部110とともにAWG型光合波器120を共通の基板100上に構成することにより、更に小型集積化することができる。例えば、この多チャネル光可変減衰器は、図5に示した光伝送システムにおける光分波器70、光ファイバ31 $_1 \sim 31_N$ および光減衰部10と置き換えることができる。

【0033】(第3の実施形態)次に、本発明に係る多

チャンネル光可変減衰器の第3の実施形態について説明する。図8は、第3の実施形態に係る多チャンネル光可変減衰器の概略構成図である。なお、この図にも制御回路は示されていない。本実施形態に係る多チャンネル光可変減衰器では、光減衰部210、AWG型光分波器220およびAWG型光合波器230が共通の基板200上に構成されている。また、この基板200上には、光導波路201、202<sub>i</sub>、203<sub>i</sub> および204も形成されている(i=1,2,...,N)。

【0034】AWG型光分波器220は、第2の実施形態におけるAWG型光分波器120と同様のものであり、スラブ型光導波路221、光導波路222<sub>1</sub>～222<sub>N</sub>、スラブ型光導波路223を備える。AWG型光分波器220は、光ファイバ231から光導波路201を経てスラブ型光導波路221に入力した多波長の信号光それぞれを、スラブ型光導波路221、光導波路222<sub>1</sub>～222<sub>N</sub> およびスラブ型光導波路223を経て、光導波路202<sub>1</sub>～202<sub>N</sub> に出力する。このとき、光導波路202<sub>i</sub> には信号光 $\lambda_i$  が出力される(i=1,2,...,N)。

【0035】光減衰部210は、第2の実施形態における光減衰部110と同様のものであり、光導波路202<sub>i</sub> を経て入力した信号光 $\lambda_i$  をチャンネル毎に可変の減衰量で減衰させて光導波路203<sub>i</sub> に出力する(i=1,2,...,N)。このとき、光導波路203<sub>i</sub> に出力された信号光 $\lambda_i$  の強度は略一定となる(i=1,2,...,N)。

【0036】AWG型光合波器230は、スラブ型光導波路231、光導波路232<sub>1</sub>～232<sub>N</sub>、スラブ型光導波路233を備える。AWG型光合波器230は、AWG型光分波器220の作用とは逆の作用を奏する。すなわち、AWG型光合波器230は、光導波路203<sub>i</sub> を経てスラブ型光導波路231に入力した信号光 $\lambda_i$  を、スラブ型光導波路231、光導波路232<sub>1</sub>～232<sub>N</sub> およびスラブ型光導波路233を経て、光導波路204に出力する。光導波路204には多波長の信号光 $\lambda_1$ ～ $\lambda_N$  が合波されて出力される。そして、合波された多波長の信号光は、光導波路204から光ファイバ232に出力され、このとき多波長の信号光それぞれの強度は略一定となる。

【0037】以上のように、本実施形態に係る多チャンネル光可変減衰器は、光減衰部210とともにAWG型光合波器220およびAWG型光分波器230を共通の基板200上に構成することにより、第2の実施形態に係るものと比較しても更に小型集積化することができる。例えば、この多チャンネル光可変減衰器は、中継器等において、入力した多波長の信号光を分波して各強度を略一定値とした後に再び合波して後段に送出するのに好適に用いられる。

【0038】

【発明の効果】以上、詳細に説明したとおり、本発明に

よれば、所定の波長帯域内で波長の異なるチャンネル毎に分波された複数の信号光それぞれは、共通の基板上に個別に設けられた複数の光導波路のうち対応する光導波路を伝搬する際に、光減衰部によりチャンネル毎に可変の減衰量で減衰される。複数の光導波路それぞれにおける各信号光の減衰量は、外部より与えられる制御信号に対しチャンネル毎に所定の変化率で変化するように制御回路により制御されており、複数の光導波路それぞれで減衰された各信号光の強度は略一定になる。

【0039】したがって、本発明によれば、光ファイバ伝送路の伝送特性や光増幅器の利得傾斜に因り多波長の信号光の出力傾斜が生じた場合であっても、簡便な構成および制御により、出力傾斜を一括補償して多波長の信号光それぞれのパワーを略一定値にすることができる。また、多波長の信号光の出力傾斜が変動した場合であっても、短時間に出力傾斜を一括補償することができる。さらに、光減衰部は共通の基板上に複数の光導波路が構成されるので、小型集積化が可能である。

【0040】また、光減衰部が、複数の光導波路それぞれについて、その途中に構成されたマッハツェンダ型干渉系と、マッハツェンダ型干渉系の双方または一方の光路の温度を調整する温度調整部とを有して構成される場合には、小型集積化する上で更に好適である。また、共通の基板上に光減衰部に加えてアレイ導波路格子型光分波器やアレイ導波路格子型光合波器を更に備える場合には、更に小型集積化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態に係る多チャンネル光可変減衰器の概略構成図である。

【図2】第1の実施形態に係る多チャンネル光可変減衰器の動作を説明する図である。

【図3】第1の実施形態に係る多チャンネル光可変減衰器における光減衰部の各光導波路の構成図である。

【図4】第1の実施形態に係る多チャンネル光可変減衰器における光減衰部の各光導波路の他の構成図である。

【図5】第1の実施形態に係る多チャンネル光可変減衰器が用いられた光伝送システムの概略構成図である。

【図6】図5に示した光伝送システムにおける多チャンネル光可変減衰器の動作を説明する図である。

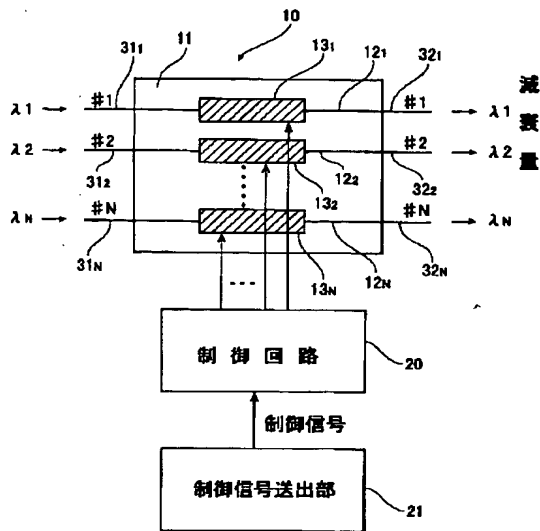
【図7】第2の実施形態に係る多チャンネル光可変減衰器の概略構成図である。

【図8】第3の実施形態に係る多チャンネル光可変減衰器の概略構成図である。

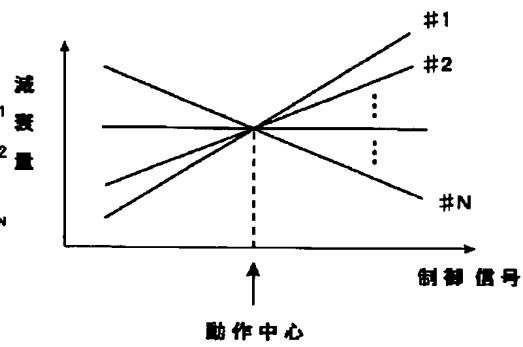
【符号の説明】

10…光減衰部、11…基板、12…光導波路、13…温度調整部、20…制御回路、21…制御信号送出部、31～36…光ファイバ、40…光送信器、50…光合波器、61～64…光増幅器、70…光分波器、80…光受信器、90…出力傾斜検出部。

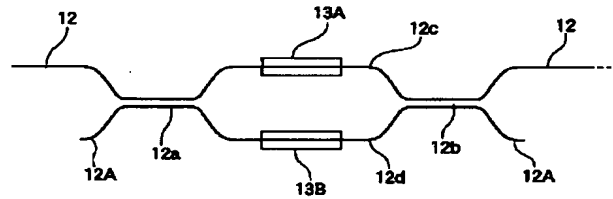
【図1】



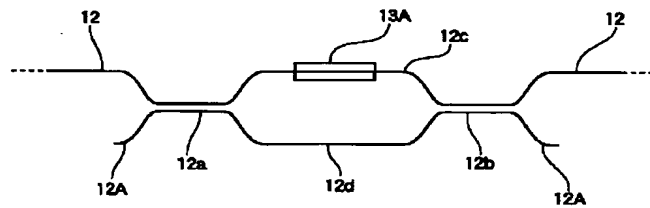
【図2】



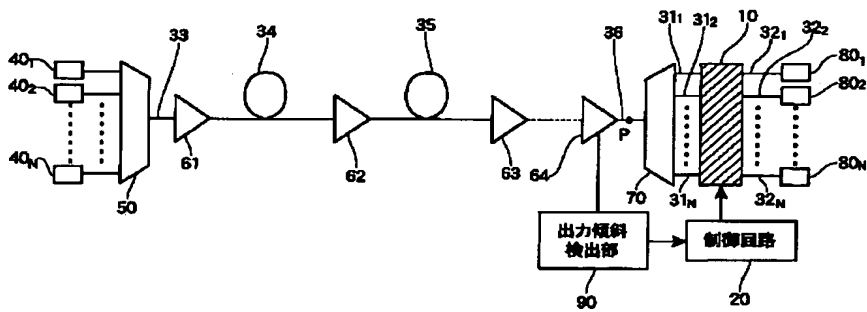
【図4】



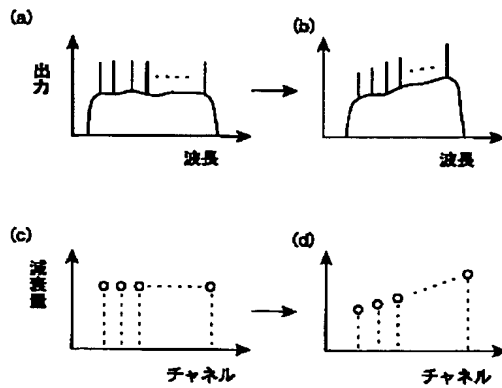
【図3】



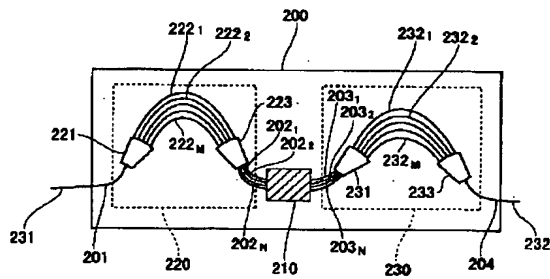
【図5】



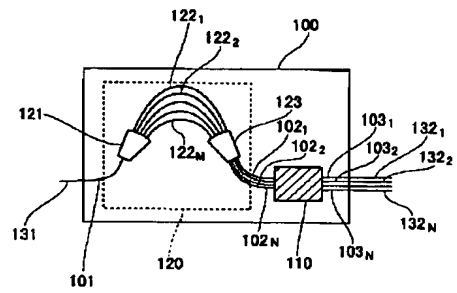
【図6】



【図8】



【図7】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H047 KB04 NA01 RA08 TA05  
 2H079 AA06 AA12 BA03 CA04 CA24  
 EA04 EA05 EB27 FA04 GA04  
 KA20